

Tartu Ülikool
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND
Arvutiteaduse instituut
Infotehnoloogia eriala

Katrina Mäeorg
LEGO MINDSTORMS NXT'ga ühilduv andur
infrapunaotsija ja infrapunapall

Bakalaureusetöö (6 EAP)

Juhendaja Anne Villems
Kaasjuhendaja Taavi Duvin

Autor: "....." mai 2012

Juhendaja: "....." mai 2012

Lubada kaitsmisele

Professor: "....." mai 2012

TARTU 2012

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
1. Infrapunakiirgus.....	5
1.1 Infrapunakiirguse tutvustus.....	5
1.2 Infrapunakiirguse kasutusala.....	7
1.2.1 Öönägemine.....	7
1.2.2 Temperatuuri mõõtmine.....	10
2. Infrapunaotsija ja infrapunapall.....	15
2.1 Infrapunaotsija tutvustus ja tööpõhimõte.....	15
2.2 Infrapunapalli tutvustus ja tööpõhimõte.....	18
2.3 Infrapunapalli kasutamine.....	19
2.4 Infrapunaotsija programmeerimine.....	23
2.4.1 LEGO MINDSTORMS NXT-G infrapunaotsija ploki lisamine.....	23
2.4.2 LEGO MINDSTORMS NXT-G infrapunaotsija plokk.....	25
3. Ülesanded.....	30
3.1 Ülesanne 1 - Infrapunaotsijaga tutvumine.....	31
3.3 Ülesanne 3 - Robot mängib jalgpalli.....	37
3.4 Ülesanne 4 - Hokirobot.....	40
Kokkuvõte.....	43
LEGO MINDSTORMS NXT Compatible Sensor IRSeeker V2 And Infrared Electronic Ball.....	45
Summary.....	45
Lisa 1 - CD ülesannete lahendusfailidega.....	50

Sissejuhatus

Üks huvitavamaid ja põnevamaid viise tekitada noortes inimestes rohkem huvi reaalainete vastu on läbi mängu. Paljudele on tuttavad LEGO klotsid ja nii mõnedki on nendest ka ise midagi valmis ehitanud. LEGO MINDSTORMS NXT ongi firma LEGO poolt välja töötatud robotikakomplekt, mida kasutatakse paljudes koolides programmeerimise ja loogilise mõtlemise õpetamiseks.

Aastal 2007 alguse saanud Kooliroboti projektiga, mille raames hakati Eesti koolides kasutama roboteid, on 2012. aasta kevadeks liitunud üle 100 kooli [1]. Antud projekti raames loodi palju materjale LEGO MINDSTORMS NXT komplekti kasutamiseks. Robotikakomplekt pakub nii lastele kui ka täiskasvanutele võimaluse ehitada mitmesuguseid eri tüüpi roboteid, arendades selle kaudu loogilist mõtlemist ja programmeerimise oskust.

LEGO MINDSTORMS NXT standardkomplekti kuuluvad NXT juhtplokk ehk aju ning valguse-, heli-, kauguse- ja puuteandurid. Nende vahenditega on võimalik luua väga palju erinevate kujude ja funktsioonidega roboteid. Kui robotite ehitamisel fantaasial piire ei ole, siis piiriks võib saada ehitamiseks kasutada olevate andurite arv. Õnneks toodavad veel mitmed teised firmad - tuntumad neist on Mindsensors, HiTechnic ja Vernier - selle robotikomplektiga sobivaid andureid, mille abil on näiteks võimalik uurida erinevaid loodusnähtusi ja lahendada ülesandeid. Loodud on erinevaid andureid kasutamiseks nii siseruumides kui ka välitingimustes.

Antud bakalaureusetöö eesmärk on luua komplektiga LEGO MINDSTORMS NXT ühilduva anduri infrapunaotsija ja infrapunapalli kohta koolidele eestikeelseid õppematerjale. Kuna LEGO MINDSTORMS NXT'ga kaasa tulevad materjalid on valdavalt inglise keeles, siis on koolidel kohati raske neid kasutusele võtta. Eestikeelsete õppematerjalide olemasolu lihtsustab tunduvalt LEGO MINDSTORMS uute andurite koolides kasutusele võtmist ja seega on rohkematel koolidel võimalus seda teha.

Töö jaguneb kolmeks osaks:

- Töö esimene osa keskendub infrapunakiirguse mõiste ja olemuse kirjeldamisele. Pikemalt on välja toodud ka erinevaid infrapunakiirguse kasutusalasid, nagu näiteks öö nägemine ja temperatuuri mõõtmine.
- Töö teine osa keskendub infrapunaotsija ja infrapunapalli tutvustamisele. Pikemalt kirjeldatakse nende seadmete tööpõhimõtet, kasutamist, tarkvara seadistamist LEGO NXT G keskkonnas ja programmeerimist. Antakse ülevaade seadmete kasutusvõimalustest.
- Töö kolmas osa keskendub ülesannetele. Antud seadmete jaoks luuakse mitu erineva raskusastmega ülesannet. Ülesannete eesmärk on õpetada antud seadmete kasutamist. Ülesannete raskusastmed liiguvad kergemast raskema poole. Esimene ülesanne on kõige lihtsam ja on mõeldud esimeseks tutvumiseks antud seadmetega. Viimane ülesanne on kõige raskem ja on mõeldud juba edasijõudnud kasutajatele. Samuti on kaasas ka ülesannete lahendused ja näpunäited, kuidas lahendamist alustada.

Lisadena on kaasas ülesannete lahendusprogrammid.

Töö koostamisel on lähtutud ühtsest struktuurist. Sarnast struktuuri kasutatakse ka teiste LEGO MINDSTORMS NXT andureid käsitlevate bakalaureusetööde juures. Käesolev töö lisatakse Jaana Metsamaa magistr töö [2] raames loodud õppematerjalile, mis on mõeldud kasutamiseks koolides nii õpetajatele kui ka õpilastele.

1. Infrapunakiirgus

Enne, kui saab alustada töös uuritavate infrapunaotsija ja infrapunapalli tutvustamist, tuleks mõista, mis on infrapunakiirgus ning milleks seda kasutatakse. Järgnevalt antakse ülevaade infrapunakiirgusest ning selle erinevatest kasutusvaldkondadest.

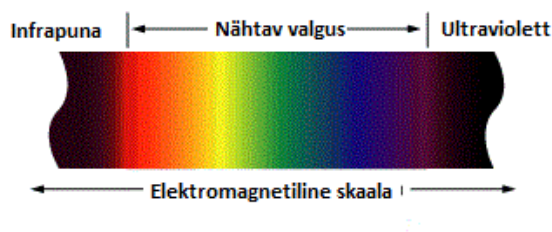
Käesolevas peatükis antakse ülevaade infrapunakiirgusest ning materjali õigsuse huvides on kasutatud mitmeid erinevaid allikaid [3]-[9].

1.1 Infrapunakiirguse tutvustus

IR (*Infrared*) ehk infrapunakiirgus ehk infrapunavalgus on silmaga nähtamatu elektromagnetkiirgus. Infrapunakiirguse olemuse mõistmiseks on vaja aru saada valguse olemusest.

Infrapunavalgus on ainult väike osa valguse spektrist. Valguse spekter (*Electromagnetic Spectrum*) jaguneb kolme ossa (vaata Joonis 1):

- Nähtav valgus (*Visible light*) - tekitab nägemisaistingu ja inimene saab jälgida ümbritsevat keskkonda silmadega.
- Infrapunavalgus (*Infrared light*) - see osa valgusest, mis kannab edasi soojust ja seega nimetatakse seda ka soojuskiirguseks.
- Ultraviolettvalgus (*Ultraviolet light*) - samuti nähtamatu inimsilmale nagu infrapunavalguski ja on inimorganismile rohkemal või vähemal määral kahjulik.



Joonis 1. Valguse spekter [11]

Valgus on energia, mis liigub edasi kiirguse teel. Energia hulk, mis on valguslaines, on seotud tema lainepikkusega. Lühematel lainepikkustel on kõrgem ja pikematel lainepikkustel madalam energia. Nähtava valguse spektris on kõige lühem lainepikkus violetisel valgusel. Violetse valguse lainepikkus on 380 nm - 450 nm ja sellel on kõige rohkem energiat. Kõige vähem energiat on punasel valgusel, mis on suurima lainepikkusega nähtava valguse spektris ning mille lainepikkus on 630 nm - 740 nm. Sellest tulenebki nimi infrapuna, mis tähendab „allapoole punase“ (ladina keelest *infra* 'all') ning millega viidatakse sellele, et infrapunavalguse energitase on allpool punase valguse energiatasemest.

Infrapunavalguse võib jaotada kolme kategooriasse:

- Lähi-infrapuna (*Near-infrared, near-IR*) - Kõige lähedasem nähtavale valgusele. Lähi-infrapunal on lainepikkused 700 nm (0,7 mikromeetrist) kuni 1,3 mikromeetrini.
- Kesk-infrapuna (*Mid-infrared, mid-IR*) - Kesk-infrapunal on lainepikkused 1,3 mikromeetrist kuni 3 mikromeetrini. Nii lähi-infrapuna kui ka kesk-infrapuna kasutavad mitmed elektroonikaseadmed, näiteks koduelektroonika kaugjuhtimispuldid.
- Soojus-infrapuna (*Thermal-infrared, thermal-IR*) - Infrapunaspektri kõige suurema osa hõivab soojus-infrapuna, mille lainepikkused on vahemikus 3 mikromeetrit kuni üle 30 mikromeetri.

Soojus-infrapuna ja ülejäänud kahe infrapuna oluline erinevus on selles, et objekt eraldab soojus-infrapuna, mitte infrapuna lihtsalt ei peegeldu sellelt objektilt. Iga keha, mille temperatuur on üle absoluutse nulli (-273°C), kiirgab soojusenergiat infrapunakiirguse teel. Infrapunakiirgus on küll nähtamatu, kuid tuntakse sellelt nahale antavat soojust. Infrapunakiirguse põhiallikad on kuumad kehad ja selle neeldumise peamine tagajärg on kehade soojenemine.

Järgnevalt tutvustatakse infrapunakiirguse erinevaid kasutusalasid.

1.2 Infrapunakiirguse kasutusala

Kiirgusspektri infrapunaosal on palju tehnoloogilisi kasutusvõimalusi. Seda kasutatakse näiteks soojendamiseks, värvide kuivatamiseks, pimedas ja udus pildistamiseks, info vahetamiseks TV-, raadio- jms kaugjuhtimispuldi ning –seadme vahel, samuti sihtmärgi tuvastamisel ja jälgimisel sõjaväes, termograafias ning ka pimedas nägemiseks. Teleskoobid, mis on varustatud infrapunaanduritega, on kasutusel infrapunaastronoomias, millega avastatakse ja uuritakse näiteks molekulaarpilvi ja avastatakse madala temperatuuriga taevakehi, näiteks planeete.

Järgnevalt tutvustatakse infrapunakiirguse mõningaid erinevaid kasutusalasid pikemalt.

1.2.1 Öönägemine

Üks infrapunakiirguse kasutusvaldkond on öönägemine. Allikadena on kasutatud [12-13].

Kui rääkida pimedas nägemisest, siis tihtipeale tulevad inimestel sellega seoses meelde igasugused spiooni- või märulifilmid, kus filmi peategelane paneb endale öönägemisprillid ette ja näeb kurjategijaid kuskil pimedas laohoones kuupaisteta ööl. Paljud on mõelnud, et kas see on ka tegelikult võimalik ja kas tõesti näeb öönägemisvarustusega pimedas nii hästi. Lühidalt öeldes, jah, see on võimalik. Korraliku öönägemisvarustusega näeb inimest täiesti pimedal kuupaisteta ööl isegi umbes 200 meetri kauguselt.

Öönägemisvarustuses on kasutusel kaks erinevat tehnoloogiat:

- Esimene neist tehnoloogiatest on pildi täiustamine (*image enhancement*). Pildi täiustamise tehnoloogia tööpõhimõte on see, et kogutakse kokku tillukesed valguse kogused, isegi need, mis asuvad infrapunavalguse madalamas osas ja mis on küll olemas, kuid mida inimsilm ei pruugi tajuda. Seejärel võimendatakse neid niipalju, et kujutis muutub silmale kergesti nähtavaks.
- Teine tehnoloogia, mida kasutatakse öönägemisvarustuses, on soojuspilditehnika (*thermal imaging*). Soojuspilditehnika töötab nii, et püüab kinni infrapunavalguse

ülemise spektri. Infrapunavalguse ülemises spektris on soojuskiirgus, mida objektid eraldavad, mitte lihtsalt peegelduv valgus. Kuumemad objektid, nagu näiteks soojad inimkehad, kiirgavad rohkem sellist soojus-infrapunavalgust kui külmad kehad nagu näiteks puud või ehitised.

Inimene näeb läbi öönägemisvarustuse rohelist pilti, kuna teiste värvidega võrreldes suudab inimese silm eraldada kõige rohkem rohelisi toone (vaata Joonis 2).



Joonis 2. Pilt läbi öönägemisvarustuse. [14]

Öönägemisvarustuse võib kasutusviiside kaupa jagada kolme laia kategooriasse:

- Optilised sihikud - Optilisi sihikuid hoitakse tavaliselt käes või paigaldatakse sageli relva külge ning nad on ühe silma jaoks. Teleskoobid sobivad hästi selleks, kui on vaja vaadata mingit kindlat objekti ja siis naasta normaalsete nägemistingimuste juurde.
- Prillid - Prille, erinevalt optilistest sihikutest, kantakse tavaliselt peas ja nad on mõeldud kahe silma jaoks. Prillid sobivad hästi pidevaks vaatamiseks, näiteks pimedas hoones ringi liikumiseks.
- Kaamerad - Kaamerad võivad edastada pildi monitorile või kuskile salvestusseadmesse. Kaamerad sobivad hästi selleks, kui on vaja pidevat öönägemist mingis kindlas asukohas, näiteks kuskil hoones.

Öönägemisvarustuse kasutusala hulka kuuluvad näiteks sõjavägi, korrakaitse, jaht, looduse vaatlemine, valve, turvalisus, navigeerimine, peidetud objektide tuvastamine ja ka meelelahutus.

Üks huvitav näide öönägemisvarustuse kasutamisest on pimedad restoranid. Pimedad restoranid on sõna otseses mõttes pimedad ning seal ei põle ühtegi tuld. Restorani külastajad ei näe mitte midagi ja nad peavad kõike tegema pimesi (sööma, juoma jne). Ainult restorani kelnerid kannavad öönägemisprille, et kliente näha ja neid teenindada (vaata Joonis 3). Selliste restoranide eesmärk on tutvustada inimestele, kuidas oleks elu pimedana, pakkumaks neile paremat arusaamist sellest, kuidas pimedad maailma tunnetavad. Asjal on muidugi ka meelelahutuslik külg, kuna pimedas restoranis tegutsemine on inimestele tavaliselt uus ja ainulaadne kogemus ning võib olla väga põnev.



Joonis 3. Öönägemisprille kandev kelner. [15]

Öönägemisvarustust kasutatakse laialdaselt ka näiteks sõjaväes (vaata Joonis 4). Sõjaväes oli öönägemisvarustuse algupärane eesmärk öine vaenlase asukoha määramine. Sõjavägi kasutab ka praegu öönägemisvarustust tihti sellel eesmärgil, aga muuhulgas ka mitmel teisel eesmärgil, nagu näiteks liikumiseks, valveks ja sihtimiseks. Öönägemisvarustuse kasutamise kohta sõjaväes on üks huvitav video allikas HowStuffWorks Videos “Top Sniper: Night Training” [16].



Joonis 4. Sõjaväelane öönägemisprillidega. [17]

Öönägemisvarustusele on veel väga palju erinevaid kasutusalasid. Öönägemisvarustust kasutavad ka näiteks uurijad ja eradetektiivid, vaatlemaks inimesi, keda nad on määratud jälgima. Paljudel äridel on paigaldatud öönägemiskaamerad ümbruse jälgimiseks. Kütid ja looduse entusiastid kasutavad öönägemisvarustust öösel metsas ringi liikumiseks ning lisaks on ka palju teisi kasutusviise.

1.2.2 Temperatuuri mõõtmine

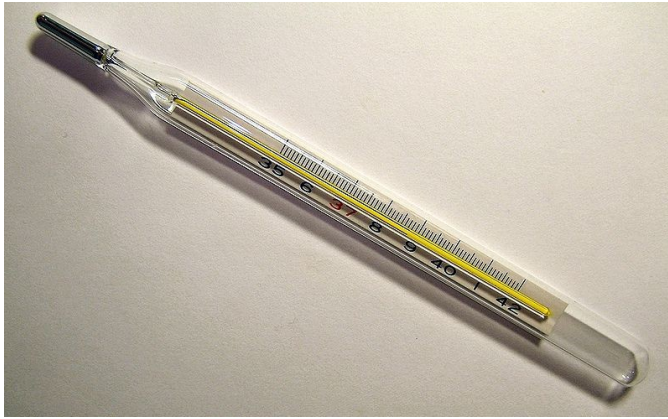
Teine infrapunakiirguse kasutusvaldkond on temperatuuri mõõtmine. Temperatuuri mõõtmiseks infrapunakiirguse abil kasutatakse nii infrapunatermomeetreid kui ka infrapunakaameraid. Järgnevalt tutvustatakse neid mõlemaid lähemalt. Allikana on kasutatud [18].

Infrapunatermomeetreid (vaata Joonis 5) kasutatakse sageli näiteks griepideemiate ajal lennujaamades, leidmaks inimesi, kes võivad olla nakatunud. Infrapunatermomeetri abil mõõdetakse inimeste kehatemperatuuri ja üritatakse avastada kõrgema kehatemperatuuriga inimesi, kes on võimalikud gripiohvid.



Joonis 5. Infrapunatermomeeter [19]

Infrapunatermomeetril on tavapärase elavhõbedatermomeetriga (vaata Joonis 6) võrreldes suureks eeliseks see, et infrapunatermomeetriga temperatuuri mõõtmiseks ei ole vajalik termomeetri ja mõõdetava objekti omavaheline otsene kontakt. Kui tavapärase elavhõbedatermomeetri kasutamiseks on vajalik, et see oleks otseses kontaktis mõõdetava objektiga, antud näite puhul siis inimese kehaga, siis infrapunatermomeetriga saab objekti temperatuuri mõõta ka teatud vahemaa kauguselt. See, kui kaugelt täpselt saab infrapunatermomeetriga temperatuuri mõõta, sõltub konkreetse seadme võimalustest ja mudelist. Infrapunatermomeetri teiseks eeliseks tavalise elavhõbedatermomeetri ees on kiirus. Infrapunatermomeetriga temperatuuri mõõtes saab tulemuse praktiliselt momentaalselt, samas kui tavalise elavhõbedatermomeetriga temperatuuri mõõtmise peale kulub palju minuteid.



Joonis 6. Elavhõbedatermomeeter [20]

Teine hea vahend temperatuuri kaugelt mõõtmiseks on infrapunakaamera ehk soojuskaamera. Tavaline kaamera töötab nähtava valguse lainepikkustel. Kui aga kaamera projekteeritakse töötama infrapunakiirguse lainepikkustel, saadakse infrapunakaamera, millel on mitmeid erinevaid kasutusvõimalusi. Infrapunakaamera rakendust, mis kontaktita ja uuritavat objekti mitte kahjustavalt näitab ja salvestab objekti temperatuurimuutusi ja temperatuure, nimetatakse infrapunatermograafiaks. Infrapunakaamera abil on näiteks võimalik saada objektist termopilt ehk infrapuna pilt (vaata Joonis 7). Erinevus infrapunatermomeetri ja infrapunakaamera vahel on see, et infrapunatermomeetriga saab tavaliselt mõõta mingi konkreetse punkti või väikse ala temperatuuri, samas aga võimaldab infrapunakaamera mõõta temperatuuri terves kaamera nägemisulatuses. Nagu on näha joonisel (vaata Joonis 8), siis võib infrapunakaameraga mõõta ka terve lennujaamasaali inimeste temperatuuri.



Joonis 7. Infrapunakaamera pilt lennujaama saabuvatest reisijatest. [21]



Joonis 8. Infrapunakaamera mõõdab lennujaamas inimeste kehatemperatuuri. [22]

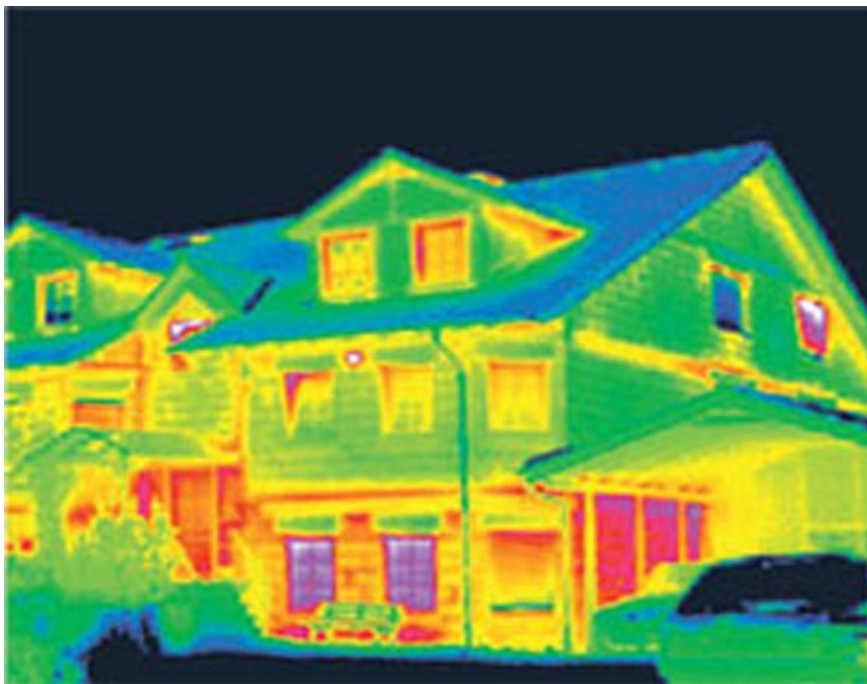
Seagripi puhangu ajal kasutati infrapunatermomeetreid ja -kaameraid laialdaselt nende maade lennujaamades, kus oli suurem oht seagripi levikuks (näiteks Hiinas, Lõuna-Koreas, Tais ja teistes Aasia riikides). Selle kohta on olemas mitmeid paeluvaid videosid, üks neist asub allikas YouTube - Asia take precautions against swine flu [23].

Kohtades, kus on suurem oht mitmesuguste ohtlike haiguste levikuks, kasutatakse infrapunakaamerate abil temperatuuri mõõtmist igapäevaselt, mitte ainult siis, kui on gripihooaeg. Üks näide selle kohta on Indoneesias asuv Jakarta lennujaam, mille kohta on ka üks põnev video allikas YouTube - airport heat detection, swine flu [24].

Infrapunakaamera (vaata Joonis 9) on kasutusel ka mitmeks muuks otstarbeks. Väga sageli kasutatakse infrapunakaamerat näiteks liigse soojuse avastamiseks, kuna liigne soojus viitab potentsiaalsele probleemile mitmel pool. Näiteks saab infrapunakaamera abil avastada soojuslekkeid ehitistes (vaata Joonis 10). Lisaks sellele saab infrapunakaamera abil avastada soojalekkeid soojustrassides, ülekuumenenud kontakte ja isolaatoreid elektrivõrkudes, liigselt kulunud või valesti paigaldatud seadmeid tööstuses jne. Tänapäeval on infrapunakaamerad laialdaselt kasutusel ka teaduslikus uurimustöös ja meditsiinis.



Joonis 9. Infrapunakaamera ehk termokaamera. [25]



Joonis 10. Infrapunakaamera pilt majast. [26]

Antud peatükis vaadati infrapuna olemust ja kasutusvõimalusi ning järgnevas peatükis tutvustatakse infrapunaotsijat ja infrapunapalli.

2. Infrapunaotsija ja infrapunapall

Kahes järgnevas punktis tutvustatakse käesolevas töös kasutatavate infrapunaotsija ja infrapunapalli tööpõhimõtteid.

2.1 Infrapunaotsija tutvustus ja tööpõhimõte

Käesolevas punktis tutvustatakse infrapunaotsijat ja tema tööpõhimõtteid. Materjali allikana on kasutatud firma HiTechnic kodulehekülge [27-28].

Töös käsitletav infrapunaotsija on firma HiTechnic poolt toodetav andur nimetusega *NXT IRSeeker V2 (NSK1042)* (vaata Joonis 11). Tähis *V2* anduri nimetuses tähendab seda, et tegemist on uue ja parendatud versiooniga ehk siis versiooniga 2. Antud andurist on olemas ka vanem versioon, mille nimetus on *NXT IRSeeker V1* (vaata Joonis 12). Kui pole kindel kumma anduriga tegemist on, siis välimuse järgi on seda võimalik kindlaks määrata. Uuemat anduril on näha väljaulatuv osa. Erinevalt infrapunaotsija eelnevast versioonist (*IRSeeker V1*), on töös käsitletaval infrapunaotsijal (*IRSeeker V2*) uudselt kujundatud korpus, mis suurendab anduri töövõimsust andurisse sisenevate valgussignaali moonutuste võimalikult väikseks tegemise kaudu.



Joonis 11. Infrapunaotsija (*NXT IRSeeker V2*) [27]



Joonis 12. Infrapunaotsija (*NXT IRSeeker VI*) [29]

Infrapunaotsija on kavandatud selleks, et määrata infrapunaallika ligikaudne suund roboti suhtes. Infrapunaotsija suudab tuvastada infrapunakiirgust mitmesugustest allikatest. Infrapunaallikana võivad olla kasutusel näiteks infrapunapall (*IR Ball*) või infrapunamajakas (*IR Beacon*). Infrapunapallist ja infrapunamajakast on lähemalt juttu töö järgnevatel punktides.

Infrapunaotsijal on spetsiaalselt kavandatud kumer lääts ja viis sisemist andurit, mis võimaldavad sellel näha 240 kraadi ulatuses. Selline suur nägemisulatus muudab infrapunaotsija väga sobilikuks kasutamiseks koos infrapunapalliga näiteks robotitega jalgpalli mängimiseks. Tavalisel infrapunaanduril oleks jalgpalli keerulisem jälgida, kuna sellistel anduritel on sageli palju väiksem nägemisulatus ja puudub ka võimalus määrata infrapunaallika suund.

Infrapunaotsija on mitmeelemendiline infrapunaandur, mis tuvastab infrapunasignaale. Kasulik on see seetõttu, et erinevad infrapunaallikad kiirgavad väga erinevaid infrapunasignaale ja kui andur oleks võimeline tuvastama ainult ühte või kahte nendest allikatest, siis oleks selle kasutusvõimalused üpris piiratud. Antud anduril on aga hea omadus tuvastada väga mitmeid erinevaid infrapunasignaale, nagu näiteks infrapunapalli, infrapunakaugjuhtimispuhvi ja ka päikesevalguse oma.

Infrapunaotsijal on võimalik valida kahe erineva töörežiimi vahel:

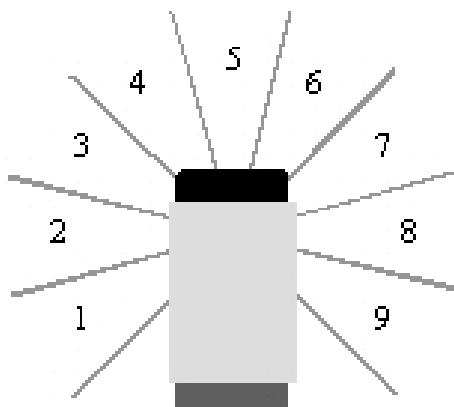
- Moduleeritud töörežiim (*Modulated (AC) Mode*) - Infrapunaotsija tuvastab moduleeritud infrapunasignaale nagu näiteks neid, mis tulevad infrapunapallist või

mõnelt infrapunakaugjuhtimispuldilt. Moduleeritud töörežiimis filtreerib infrapunaotsija enamuse teisi infrapunasignaale välja, et vähendada häireid, mida võivad põhjustada näiteks erinevad valgustid või päikesevalgus.

- Moduleerimata töörežiim (*Un-modulated (DC) Mode*) - Moduleerimata töörežiimis tuvastab infrapunaotsija moduleerimata infrapunasignaale, mida edastavad näiteks vanemat tüüpi infrapunapallid või päikesevalgus.

Infrapunaotsija kasutab keerulisi digitaalseid signaali töötlemise tehnikaid, et filtreerida vastuvõetud signaale ja valida neist välja ainult vajalikud signaalid.

Infrapunaotsija on kavandatud selleks, et määrata infrapunaallika ligikaudne suund enda suhtes. Infrapunaotsija nägemisulatus jaguneb üheksaks osaks ehk suunaks (vaata Joonis 13). Infrapunaallika suunad on määratud numbrilise väärtustega ühest üheksani. Väärtus üks tähendab, et infrapunaallikas asub infrapunaotsijast vasakul ja taga. Väärtus viis tähendab, et infrapunaallikas asub otse infrapunaotsija ees. Väärtus üheksa tähendab, et infrapunaallikas asub infrapunaotsijast paremal ja taga. Kui signaali ei õnnestu tuvastada, siis tagastatakse väärtus null.



Joonis 13. Infrapunaotsija nägemisulatus erinevate suundade numbrilised väärtused [27]

Selles punktis tutvustati infrapunaotsijat ja tema tööpõhimõtteid ning nüüd asutakse tutvuma infrapunapalli ja tema tööpõhimõttega.

2.2 Infrapunapalli tutvustus ja tööpõhimõte

Käesolevas punktis tutvustatakse infrapunapalli ja tema tööpõhimõtet. Materjali allikana on kasutatud firma HiTechnic kodulehekülge [30-31].

Töös käsitletav infrapunapall on firma HiTechnic poolt toodetav seade nimetusega *HiTechnic Infrared Electronic Ball (IRB1005)* (vaata Joonis 14). Infrapunapalli on paigutatud 20 valgusdiodi, mis kiirgavad erinevates suundades infrapunavalgust ja seega on võimalik infrapunasignaali edastada tervesse palli ümbrusesse. Tegemist on uue infrapunapalli mudeliga, millel on neli erinevat töörežiimi ning mis sobib väga hästi robotite jalgpalli mängimiseks või kasutamiseks infrapunamajakana.



Joonis 14. Infrapunapall (*HiTechnic Infrared Electronic Ball*) [32]

Infrapunamajakas on seade, mis edastab infrapunasignaali. Sellel on mitmeid erinevaid kasutusvõimalusi. Näiteks võib infrapunamajaka panna jalgpallis värava juurde ja selle abil suudavad robotid värava üles leida.

Üks võimalik alternatiiv infrapunapallile on sama firma poolt toodetav infrapunamajakas (*IR Beacon*) (vaata Joonis 15). Infrapunamajakas on oma olemuselt sarnane infrapunapalliga, kuna nende mõlema eesmärk on edastada infrapunasignaali. Üks erinevus infrapunapalli ja infrapunamajaka vahel on näiteks see, et infrapunamajakas edastab infrapunasignaali ainult ühes töörežiimis ja sagedusel 1200Hz, samas on infrapunapall võimeline edastama infrapunasignaali mitmes erinevas töörežiimis ja

sagedustel 1200Hz või 600Hz. Teine erinevus on nende kujus. Infrapunapall, nagu nimigi ütleb, on palli kujuga ning seda saab veeretada. Infrapunamajakas on mõeldud paigal seisma. Infrapunamajakas ei kuulu töö teemade hulka ning selle kohta on võimalik pikemalt lugeda näiteks firma HiTechnic koduleheküljelt[13].



Joonis 15. Infrapunamajakas (*IR Beacon*) [33]

Antud punktis tutvustati infrapunapalli ja tema tööpõhimõtteid ning nüüd liigutakse edasi infrapunaotsija ja infrapunapalli kasutamise juurde.

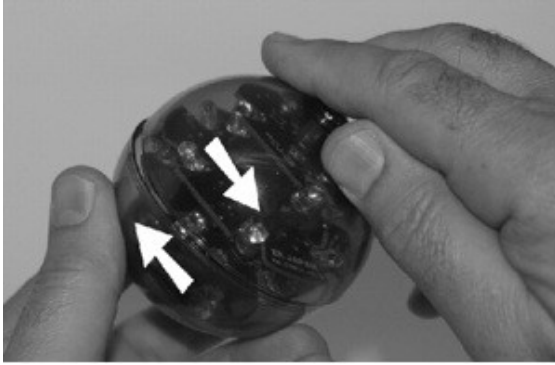
2.3 Infrapunapalli kasutamine

Käesolevas punktis räägitakse infrapunapalli kasutamisest. Materjali allikana on kasutatud firma HiTechnic kodulehekülge [34].

Infrapunaotsijat kasutatakse koos infrapunapalliga näiteks robotite jalgpalli mängimiseks.

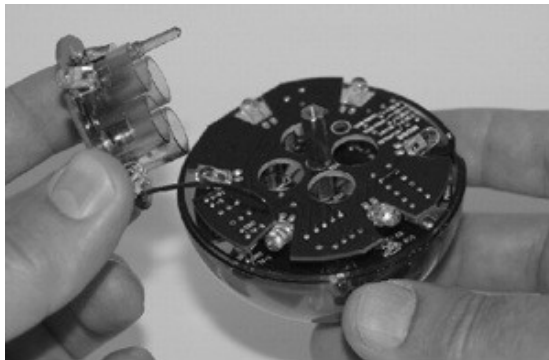
Infrapunapall vajab töötamiseks nelja AAA 1.5 V patareid. Järgnevalt kasutusjuhend patareide paigaldamiseks:

1. Infrapunapalli avamiseks hoida palli mõlemat poolt kinni ja keerata palli ümbrist kellaosuti liikumisele vastupidises suunas (vaata Joonis 16).



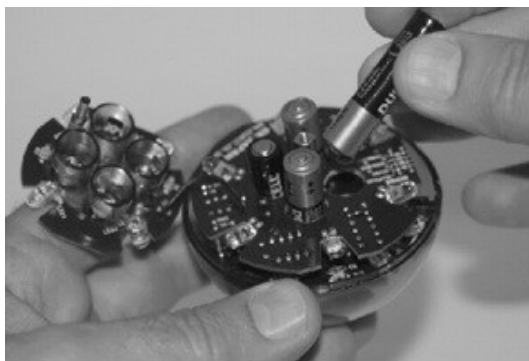
Joonis 16. Infrapunapalli keeramine [34]

2. Eemalda pealmine väiksem trükkplaat / patareide hoidik sildiga “4x AAA BATTERY” (vaata Joonis 17).



Joonis 17. Infrapunapalli avamine [34]

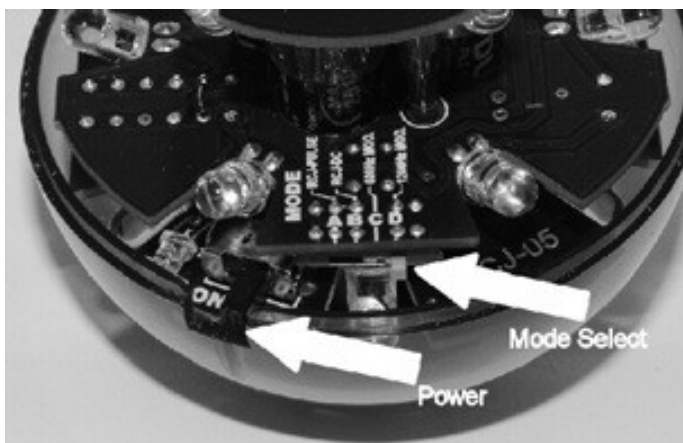
3. Sisesta 4 AAA patareid vastavalt patareide hoidikul näidatud + ja - polaarsustega (vaata Joonis 18). Peale patareide paigaldamist aseta pealmine trükkplaat tagasi ja keera palli korpus kokku tagasi.



Joonis 18. Patareide paigaldamine infrapunapalli [34]

Infrapunapallil on töörežiimi valiku lüliti (vaata Joonis 19), millega saab valida nelja erineva töörežiimi vahel:

- A: RCJ-Pulseeriv töörežiim (*RCJ-Pulse Mode*) - RoboCup Jr pulseeriv modulatsioon
- B: RCJ-DC töörežiim (*RCJ-DC Mode*) - RoboCup Jr DC (stabiilne valgus)
- C: HiTechnic 600Hz töörežiim (*HiTechnic 600Hz Mode*) - Moduleeritud 600Hz signaal
- D: HiTechnic 1200Hz töörežiim (*HiTechnic 1200Hz Mode*) - Moduleeritud 1200Hz signaal



Joonis 19. Infrapunapalli töörežiimi valiku lüliti (*Mode Select*) ja toitelüliti (*Power*) [34]

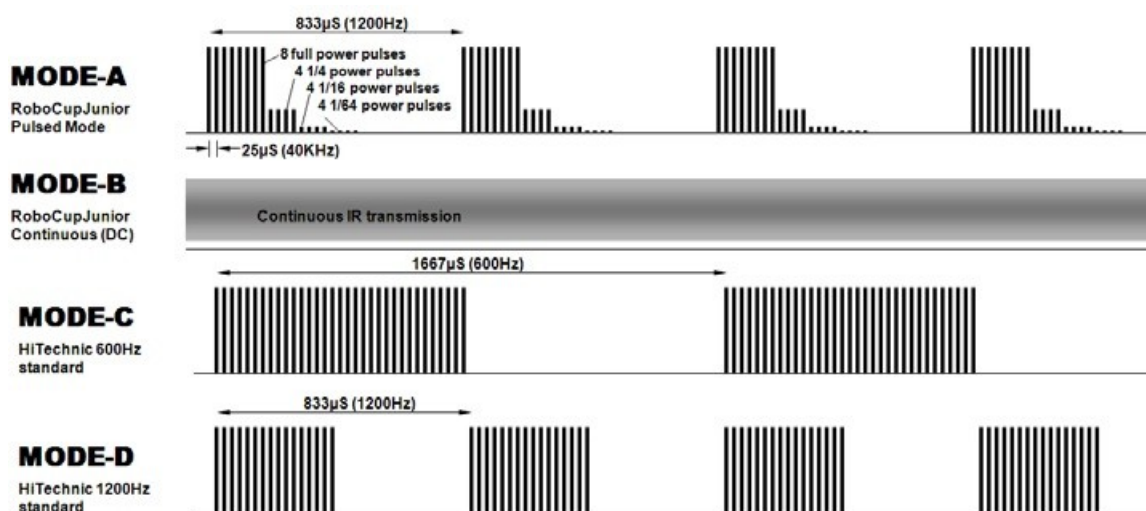
Infrapunapalli toitelüliti paikneb palli keskel ja on natuke süvistatud, et vältida selle kogemata vajutamist. Sellest, et toide on sisselülitatud asendis (*ON*), annavad märku kaks kollast valgusdiodi (LED) tulukest.

Samuti on pallil LED tulukesed, mis näitavad patareide laetuse taset. Kui tuled põlevad stabiilselt, siis on patareid piisavalt täis. Kui aga tulukesed aeglaselt vilguvad (iga 3 sekundi järel), siis on patareidel ainult 10%-20% energiat järgi. Kui tulukesed vilguvad kiiresti (4 korda sekundis), siis on patareid peaaegu tühjad ja neis on ainult 10% energiat järgi. Seda, kui palju energiat erinevad töörežiimid kasutavad ja kui kaua suudab pall olla pidevalt töös, saab vaadata Tabelist 1.

20°C, järepidevalt töös	Töörežiim	A: RCJ- Pulseeriv	B: RCJ- DC	C: HiTechnic 600Hz	D: HiTechnic 1200Hz
Hetketarbimine		80 mA	230 mA	120 mA	130 mA
Eeldatav patarei eluiga		7h 30m	1h 20m	3h 30m	3h 30m

Tabel 1. Infrapunapalli patareikasutus [18]

Infrapunapalli iga töörežiim tekitab erineva kujuga signaali (vaata Joonis 20). Töös käsitletava infrapunaotsijaga kasutamiseks sobivad kõige paremini HiTechnic 600Hz ja 1200Hz töörežiimid, kuna neid oskab antud infrapunaotsija kõige paremini tuvastada.



Joonis 20. Infrapunapalli töörežiimide signaalikujud [34]

Jooniselt on võimalik näha, et erinevalt teistest töörežiimidest, edastab pall B: RCJ-DC töörežiimis pidevat infrapuna signaali. A: RCJ-Pulseeriv töörežiimi puhul edastatakse lühikesi sagedasi infrapunasignaale, mis varieeruvad ka tugevuse poolest (signaal on alguses tugevam ja lõpus läheb nõrgemaks). C: HiTechnic 600Hz töörežiimis edastatakse võrdlemisi pikki ja ühtlase tugevusega signaale ja D: HiTechnic 1200Hz töörežiimis samuti ühtlase tugevusega, kuid lühemaid ja sagedasemaid signaale.

Antud punktis anti juhiseid infrapunapalli kasutamiseks ja järgmises punktis tutvustatakse infrapunaotsija programmeerimist.

2.4 Infrapunaotsija programmeerimine

Infrapunaotsija programmeerimiseks on mitmeid võimalusi. Kõige lihtsam on andurit programmeerida, kasutades LEGO MINDSTORMS graafilist programmeerimiskeskonda NXT-G, mis on spetsiaalselt LEGO MINDSTORMS NXT roboti programmeerimiseks mõeldud programmeerimiskeskond. Antud tarkvara kasutatakse ka käesoleva töö näidete ja ülesannete lahendamisel. Lisaks tarkvarale NXT-G on infrapunaotsijat võimalik programmeerida NXC (*Not eXactly C*) ja RobotC programmeerimiskeeltes.

Infrapunaotsija programmeerimiseks LEGO MINDSTORMS NXT-G tarkvaras on loodud eraldi porogrammeerimisplokk. Antud plokk ei kuulu aga NXT-G tarkvara baasversiooni, vaid tuleb ise alla laadida ja kasutamiseks tarkvarasse importida. Järgnevalt vaadataksegi, kuidas infrapunaotsija plokki LEGO MINDSTORMS NXT-G programmeerimiskeskonda lisada.

2.4.1 LEGO MINDSTORMS NXT-G infrapunaotsija ploki lisamine

Antud punktis vaadatakse, kuidas lisada infrapunaotsija plokki NXT-G programmeerimiskeskonda. Antud plokk on vajalik infrapunaotsija programmeerimiseks NXT-G tarkvaras.

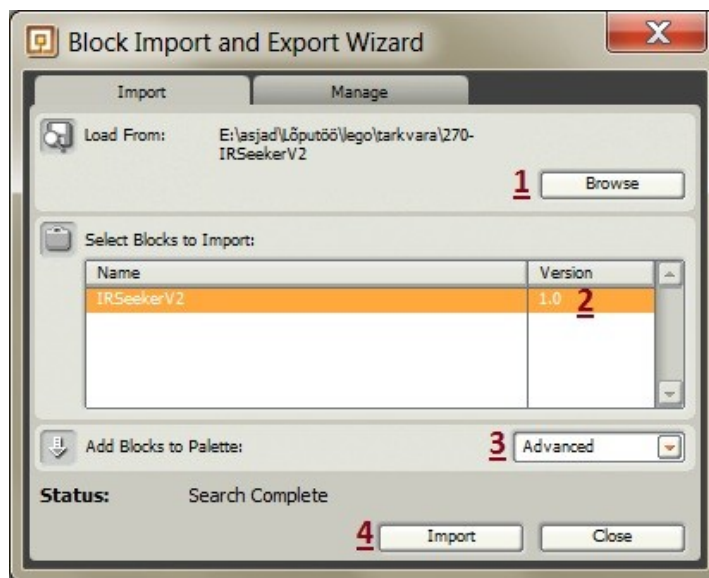
Esmalt tuleb alla laadida firma Hitechnic koduleheküljelt sobiv plokk. Infrapunaotsija plokk on saadaval firma HiTechnic koduleheküljel *Downloads* jaotise alt [35]. Kui plokk on alla laetud, siis NXT-G programmeerimiskeskonda lisamine käib järgnevalt:

- Pakkida allalaaditud arhiivifail lahti eraldi kataloogi, näiteks C:\270-IRSeekerV2
- Käivitada NXT-G tarkvara.
- Valida menüüribalt “*Tools*” ja sealt edasi alamvalik “*Block Import and Export Wizard...*” (vaata Joonis 21).



Joonis 21. NXT-G menüüriba.

- Kasutajale avaneb sarnane aken nagu on näha joonisel 22.



Joonis 22. NXT-G programmeerimisplukkide lisamine.

- Vajutage nupule “*Browse*” ja navigeerige selle kataloogi peale, kuhu te eelnevalt allalaetud programmeerimispluki arhiivifaili lahti pakkisite.
 - Valige loetelust plokk, mida soovite lisada.
 - Valitud plokk lisatakse täieliku paleti (*Complete palette*) alajaotuse “*Advanced*” alla. Soovi korral võite valitud ploki lisada ka mistahes muu alajaotuse alla, näiteks “*Sensor*”.
 - Lisamise sooritamiseks vajutage nupule “*Import*”.
- Lisatud programmeerimisplukk on edaspidi kättesaadav täieliku paleti sellest alajaotusest kuhu see lisati (näiteks “*Advanced*” või “*Sensor*”), kus teda esindab binoklit kujutav ikoon.

Selles punktis vaadati, kuidas lisada NXT-G programmeerimiskeskkonda infrapunaotsija plokki ja järgmises punktis vaadatakse, kuidas seda plokki kasutada.

2.4.2 LEGO MINDSTORMS NXT-G infrapunaotsija plokk

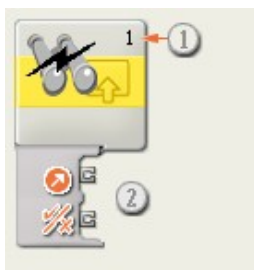
Antud punktis tutvustatakse infrapunaotsija plokki. Materjali allikana on kasutatud firma HiTechnic kodulehekülge [10].

Infrapunaotsija plokk on mõeldud spetsiaalselt firma HiTechnic infrapunaotsija programmeerimiseks. Kui infrapunaotsija plokk on NXT-G tarkvarasse edukalt lisatud, siis saab selle kätte täieliku paleti vastava alajaotuse alt (plokk on seal alajaotuses, kuhu ta importimisel paigutati). Infrapunaotsija plokk on teistest NXT-G plokkidest eristatav binokli ikooni järgi (vaata Joonis 23).



Joonis 23. NXT-G infrapunaotsija plokk

Paigutades infrapunaotsija ploki NXT-G töölauale, avaneb selline pilt nagu alloleval joonisel (vaata Joonis 24). Tagamaks paremat ülevaadet, toome joonise all välja selgitused joonisel olevate komponentide kohta.

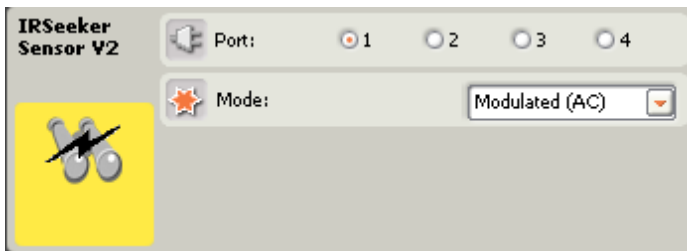


Joonis 24. Infrapunaotsija ploki kuvaseaded.

Seletused joonisel (vaata Joonis 24) olevate komponentide kohta:

1. See number näitab, milline NXT port on infrapunaotsijaga ühendatud. Seda numbrit saab vajadusel muuta omadustepaneelilt.
2. Ploki infotulp avaneb osaliselt automaatselt, kui plokk on asetatud NXT-G programmeermisalale. Vähemalt üks andmejuhe peab olema tõmmatud ploki väljundpordist teise ploki infotulpa.

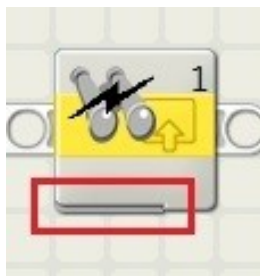
Infrapunaotsija programmeerimisel erinevate ülesannete lahendamise jaoks on oluline osata kasutada ka infrapunaotsija ploki omadustepaneeli, mis on näha alloleval joonisel (vaata Joonis 25). Omadustepaneeli abil on võimalik muuta infrapunaotsija seadeid. Omadusepaneel ilmub nähtavale allpool programmeermisala, kui teha programmeermisalal hiireklõps anduri peale, mille seadeid muuta soovitakse. Järgnevalt tutvustatakse infrapunaotsija omadustepaneeli.



Joonis 25. Infrapunaotsija ploki omadustepaneel.

1. Port (*Port*) - Võimaldab valida, millisesse NXT porti infrapunaotsija on ühendatud. Vaikimisi on infrapunaotsija ühenduspordiks port 1, aga seda saab vajadusel muuta.
2. Töörežiim (*Mode*) - Võimaldab valida töörežiimi. Võimalik on valida kahe töörežiimi vahel: moduleeritud töörežiim (*Modulated (AC) Mode*) või moduleerimata töörežiim (*Un-modulated (DC) Mode*).

Igal plokil on ka oma infotulp, mis avaneb, kui klikkida ploki alumise ääre peal (vaata Joonis 26).



Joonis 26. Infrapunaotsija ploki infotulba avamine.

Infrapunaotsija ploki infotulbal on erinevad juhtmeportid, mis näitavad, milliseid sisendeid on infrapunaotsija plokile võimalik anda ning milliseid väljundväärtusi sealt on võimalik saada. Kõige olulisemad väljundid, mida infrapunaotsija plokk väljastab, on infrapunaallika suund infrapunaotsijast (numbriline väärtus vahemikus 0 kuni 9).

Järgneval joonisel (vaata Joonis 27) on näha infrapunaotsija plokk koos avatud infotulbaga. Tagamaks paremat ülevaadet, toome joonise all välja selgitused, nummerdatult ülevalt alla, infotulbal olevate juhtmeportide kohta.



Joonis 27. Infrapunaotsija plokk avatud infotulbaga.

Selgitused infrapunaotsija ploki infotulba väärtuste kohta:

1. Anduripordi number, kuhu infrapunaotsija on ühendatud.
2. Väljastab infrapunaallika suuna infrapunaotsijast (numbriline väärtus vahemikus 0 kuni 9).

3. Valib infrapunaotsija töörežiimi. Väärtus on 0, kui on valitud moduleeritud töörežiim (*Modulated (AC) Mode*). Väärtus on 2, kui on valitud moduleerimata töörežiim (*Un-modulated (DC) Mode*).
4. Väljastab võrdluse tulemuse loogilise väärtusena (tõene või väär).
5. Väljastab kanal 1 signaali tugevuse numbrilisel kujul.
6. Väljastab kanal 2 signaali tugevuse numbrilisel kujul.
7. Väljastab kanal 3 signaali tugevuse numbrilisel kujul.
8. Väljastab kanal 4 signaali tugevuse numbrilisel kujul.
9. Väljastab kanal 5 signaali tugevuse numbrilisel kujul.

Infrapunaotsija ploki infotulbal olevad viis tugevuse väärtust võimaldavad tuvastada ligikaudse kauguse infrapunaallikani, kui infrapunaallika heledus on teada. Viis tugevuse väärtust tulevad viiest infrapuna andurist, mis on suunitlusega suundadesse 1, 3, 5, 7 ja 9. Infrapunaotsija arvutab sisemiselt nendest viiest põhisuunast tulevate väärtuste alusel nende vahepealsed väärtused, et saada kätte suundade 2, 4, 6 ja 8 väärtused.

Seega selleks, et kätte saada kõigi üheksa suuna tugevuste väärtusi, tuleks kasutada allpool tabelis toodud kanaleid (vaata Tabel 2):

Suund	Tugevuse allikas
1	Kanal 1
2	Kanal 1 ja 2
3	Kanal 2
4	Kanal 2 ja 3
5	Kanal 3
6	Kanal 3 ja 4
7	Kanal 4
8	Kanal 4 ja 5
9	Kanal 5

Tabel 2. Infrapunaotsija suundade tugevused

Käesolevas punktis tutvustati infrapunaotsija plokki ja järgmises punktis on mõned olulised asjad mida peaks jälgima infrapunaotsijat kasutades.

2.4.3 Oluline jälgida

Antud punktis antakse mõned näpunäited, mida tuleks jälgida selleks, et tagada infrapunaotsija korrektne töö.

- Kui kasutada infrapuna kaugjuhtimispulti signaali allikana, siis tuleks mõnda asjaolu silmas pidada. Infrapunaotsija avastab enamuse kaugjuhtimispulte AC töörežiimis, aga mõned puldid ei pruugi olla avastatavad, olenevalt sellest, kuidas signaali tekitatakse. Infrapunaotsija on häälestatud tuvastama 1200Hz nelinurklainet.
- Antud töös käsitletav uuem infrapunaotsija mudel vajab uut NXT-G programmeermiskeskonna plokki V2, mida saab alla laadida firma HiTechnic koduleheküljelt.
- NXT-sse peab olema laetud NXT püsivara versioon 1.05 või hilisem, et garanteerida infrapunaotsija ja teiste digitaalsete I2C (*Inter-IC*) siini kasutavate andurite korrektne töötamine. Püsivara versiooni saab vaadata NXT aknast MINDSTORMS tarkvarast.

Selles punktis anti teada mida on oluline jälgida ja järgmises punktis liigutakse edasi ülesannete juurde.

3. Ülesanded

Käesolevas peatükis esitatakse ülesanded infrapunaotsija ja infrapunapalli kasutamiseks.

Iga ülesanne koosneb järgnevatest punktidest:

- **Tase** - ülesandele määratud raskusaste (lihtne, keskmine, raske, edasijõudnutele).
- **Eesmärk** - kirjeldatakse, milliseid oskusi ja teadmisi arendab ülesande lahendamine.
- **Ülesande täitmiseks vajalik** - tuuakse välja ülesande lahendamiseks vajalikud eelteadmised ja vahendid.
- **Ülesande püstitus** - määratakse ära ülesande tingimused ja kirjeldatakse täpselt, mida oodatakse ülesande lahendusena.
- **Lahenduse idee** - pakutakse välja idee, kuidas ülesannet lahendada ning millises suunas peaks mõtlema, et saavutada töö autori lahendusega sarnane lahendus.
- **Üks võimalik lahendusvariant** - pakutakse välja töö autori poolt koostatud üks võimalik viis konkreetse ülesande lahendamiseks. Õpetajad ja õpilased võivad välja mõelda ja pakkuda ka teistsuguseid lahenduste variante. Ülesanded on lahendatud LEGO NXT-G graafilises keskkonnas ja kõik ülesannete lahendusfailid asuvad töö lisas oleval CD plaadil (vaata Lisa 1).
- **Tekkida võivad probleemid ning nende lahendamine** - kirjeldatakse ülesande lahendamisel tekkida võivaid probleeme ja nende võimalikke lahendusi. Kindlasti pole tegemist lõpliku ja kõiki võimalikke probleeme hõlmava nimekirjaga.
- **Ideed ülesande muutmiseks** - kirjeldatakse, mida muuta ülesande juures, et selle keerukust tõsta või vastupidiselt, et ülesannet veidi lihtsustada. Pakutakse ideid, mida võiksid usinamad õpilased lisaks proovida, kui neil esialgne ülesanne juba lahendatud on.

3.1 Ülesanne 1 - Infrapunaotsijaga tutvumine

Tase:

Lihtne. Sobib neile, kes alles alustavad tutvumist infrapunaotsijaga ja ei oma vastavat kogemust programmeerimises.

Eesmärk:

Ülesande eesmärgiks on tutvustada HiTechnic infrapunaotsijat ja selle töötamist. Väljastada infrapunaotsijaga mõõdetud väärtused reaajas ekraanile.

Ülesande täitmiseks vajalik:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk (aju)
- Mõned LEGO klotsid roboti ehitamiseks
- HiTechnic infrapunaotsija
- Vajalikud kaablid anduri ühendamiseks
- Infrapunaakiirguse allikas
- Mõni programmeerimiskeskond, näiteks NXT-G koos infrapunaotsija plokiga
- Teada infrapunaotsija nägemisulatuse erinevate suundade numbrilisi väärtusi

Ülesande püstitus:

Mati tahab teada, mis suunas asub infrapunaallikas tema robotist. Kasutades infrapunaotsijat ja NXT aju, ehitada minimalistlik robot, mis kuvab reaajas ekraanile infrapunaallika suuna infrapunaotsijast. Suund tuleb kuvada reaajas, nii et infrapunaallika liigutamisel muutub ka ekraanil kuvatav suund.

Lahenduse idee:

Lugeda infrapunaotsijast infrapunaallika suund ja väljastada see ekraanile. Programm peaks töötama tsüklis ning peaks suuna pidevalt uuesti lugema ja väljastama. See tagab selle, et infrapunaallika liigutamisel kuvatakse õige suund.

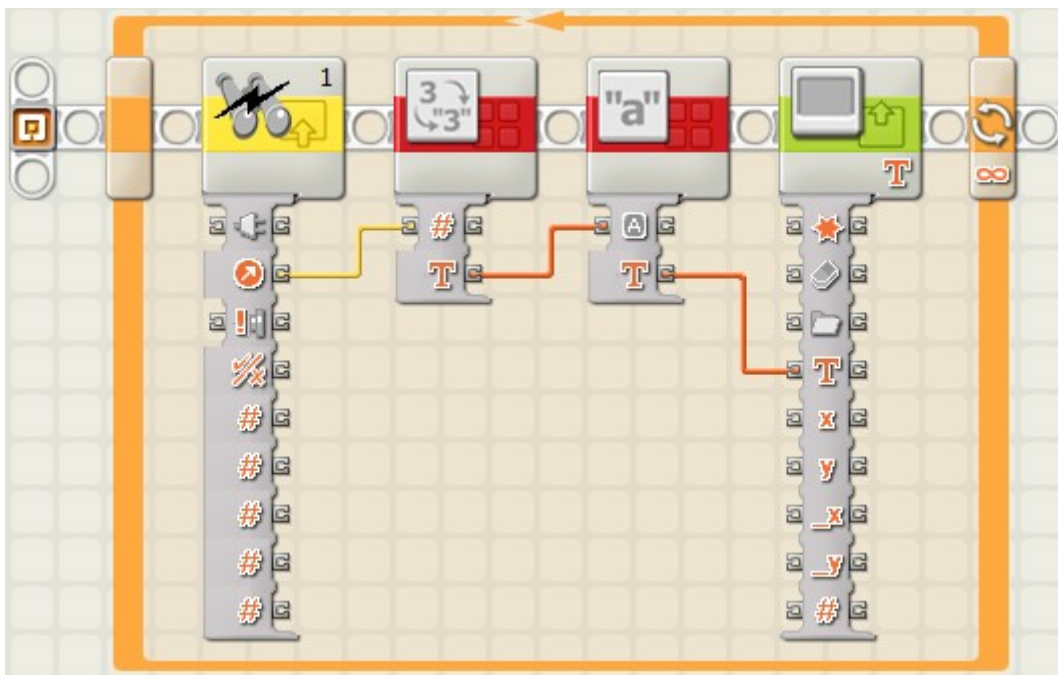
Üks võimalik lahendusvariant:

Ülesande lahendamiseks on kasutatud järgneval joonisel (vaata Joonis 28) olevat robotit. Infrapunaotsija andur on paigutatud kõrgemale, tagamaks paremat nähtavust.



Joonis 28. Infrapunaotsijaga tutvumise ülesande jaoks loodud robot

Lahendus võib välja näha sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 29) oleva programmiga.



Joonis 29. Infrapunaotsijaga tutvumise ülesande jaoks loodud lahendus

Lahendusfail: ylesanne_1_1.rbt

Tekkida võivad probleemid ning nende lahendamine:

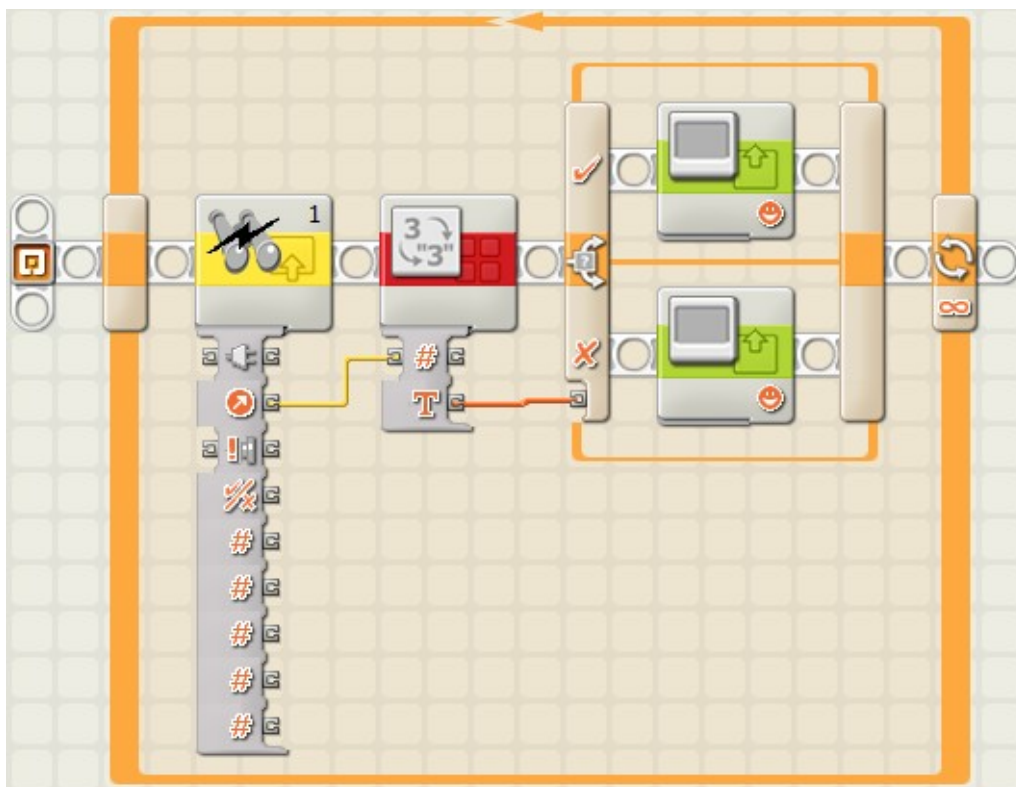
Kindlasti tuleks jälgida, et infrapunaotsija NXT plokis oleks märgitud sama port, millesse infrapunaotsija on ka tegelikult ühendatud.

Ideed ülesande muutmiseks:

Muuta programmi selliselt, et robot näitab ekraanil rõõmsat nägu, kui infrapunaallikas asub otse infrapunaotsija ees ja muul juhul kurba nägu.

Lahendusvariant:

Lahendus võib välja näha sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 30) oleva programmiga.



Joonis 30. Muudetud ülesande lahendus

Lahendusfail: ylesanne_1_2.rbt

3.2 Ülesanne 2 - Roboti keeramine infrapunaallika suunda

Tase:

Keskmine. Sobib neile, kes on juba natuke tutvunud infrapunaotsijaga.

Eesmärk:

Ülesande eesmärgiks on tutvustada HiTechnic infrapunaotsijat ja selle töötamist. Keerata robotit reaalsajas infrapunaallika suunda.

Ülesande täitmiseks vajalik:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk (aju)
- LEGO klotsid roboti ehitamiseks
- HiTechnic infrapunaotsija
- Vajalikud kaablid anduri ja mootorite ühendamiseks
- Infrapunakiirguse allikas
- Mõni programmeerimiskeskond, näiteks NXT-G koos infrapunaotsija plokiga

Ülesande püstitus:

Mati tahab, et robot keeraks ennast sellesse suunda, kus asub infrapunaallikas. Kasutades infrapunaotsijat ja NXT aju, ehitada robot, mis reaalsajas keerab ennast infrapunaallika suunda. Roboti keeramine tuleb teostada reaalsajas, nii et infrapunaallika liigutamisel keerab robot ka ennast kohe. Kui infrapunaotsija ei tuvasta ühtegi infrapunaallikat või infrapunaallikas asub otse roboti ees, siis peaks robot paigal seisma.

Lahenduse idee:

Võiks kasutada LEGO TriBot roboti aluskaarikut, mille ehitamisjuhend on LEGO NXT standardkomplektiga kaasas. Lugeda infrapunaotsijast infrapunaallika suund ja vastavalt sellele keerata robotit kas paremale või vasakule. Programm peaks töötama tsüklilis ning peaks suuna pidevalt uuesti lugema. See tagab selle, et infrapunaallika liigutamisel keerab ka robot.

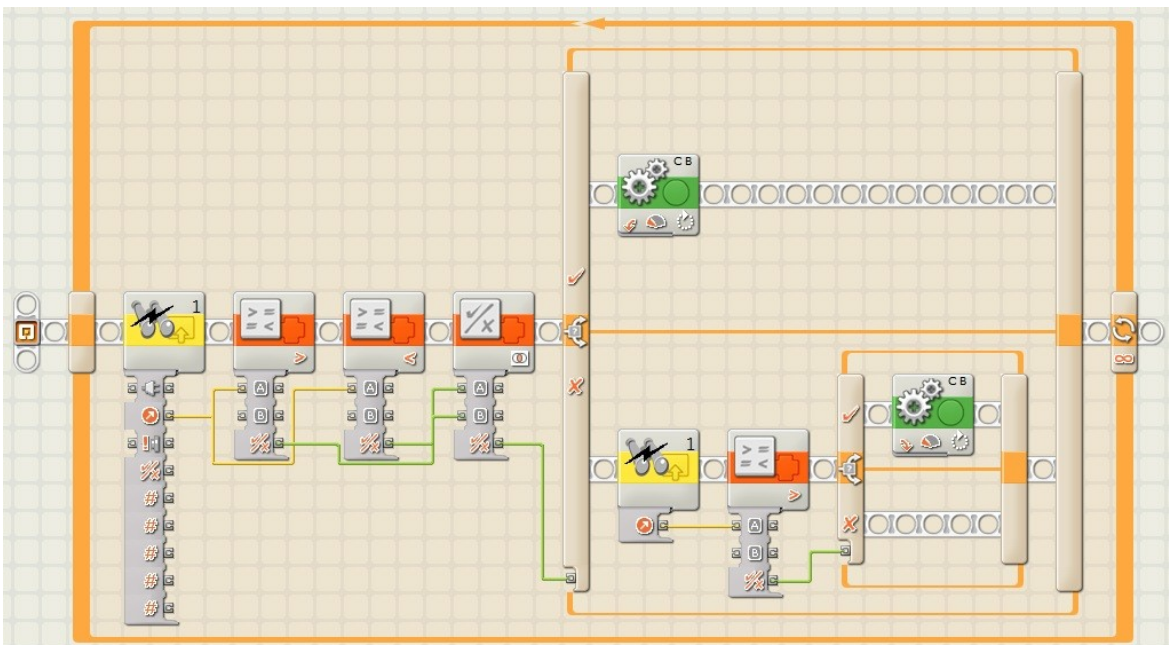
Üks võimalik lahendusvariant:

Ülesande lahendamiseks on kasutatud järgneval joonisel (vaata Joonis 31) olevat robotit.



Joonis 31. Ülesande 2 jaoks loodud robot

Lahendus võib välja näha sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 32) oleva programmiga.



Joonis 32. Ülesande 2 jaoks loodud lahendus

Lahendusfail: ylesanne_2_1.rbt

Tekkida võivad probleemid ning nende lahendamine:

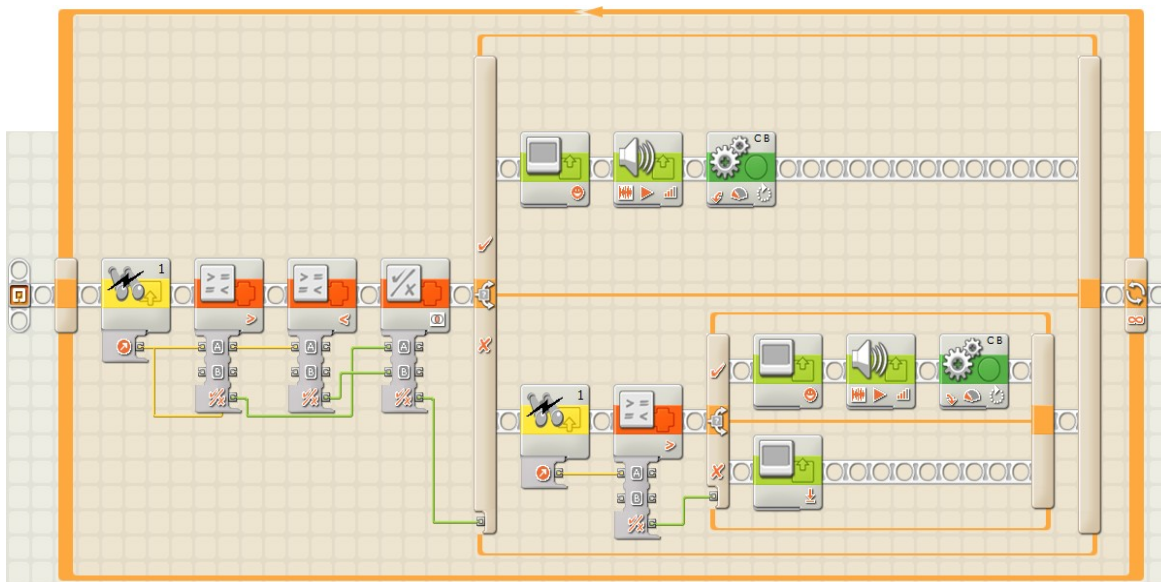
Kindlasti tuleks jälgida, et infrapunaotsija NXT plokis oleks märgitud sama port, millesse infrapunaotsija on ka tegelikult ühendatud. Tuleb ka seda jälgida, et mootorid oleks õigetesse portidesse ühendatud, muidu võib robot vales suunas keerata.

Ideed ülesande muutmiseks:

Muuta programmi selliselt, et robot väljastab vasakule keerates ühesugust heli ja paremale keerates teistsugust heli. Lisaks võiks ekraanil olla vasakule keerates üks pilt (näiteks näpuga näitamine vasakule) ja paremale keerates teine pilt (näiteks näpuga näitamine paremale) ning roboti paigal olemise ajal ei ole ekraanil ühtegi pilti.

Lahendusvariant:

Lahendus võib välja näha sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 33) oleva programmiga.



Joonis 33. Muudetud ülesande lahendusvariant

Lahendusfail: ylesanne_2_2.rbt

3.3 Ülesanne 3 - Robot mängib jalgpalli

Raske. Sobib neile, kes on juba rohkem tutvunud infrapunaotsijaga ja omavad vastavat kogemust programmeerimises.

Eesmärk:

Ülesande eesmärgiks on tutvustada HiTechnic infrapunaotsijat ja infrapunapalli. Liigutada robot reaalsajas infrapunaallika juurde.

Ülesande täitmiseks vajalik:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk (aju)
- LEGO klotsid roboti ehitamiseks
- HiTechnic infrapunaotsija ja infrapunapall
- Vajalikud kaablid anduri ja mootorite ühendamiseks
- Mõni programmeerimiskeskond, näiteks NXT-G koos infrapunaotsija plokiga

Ülesande püstitus:

Mati tahab, et robot mängiks jalgpalli. Kasutades infrapunaotsijat ja NXT aju, ehitada robot, mis reaalsajas liigub infrapunapalli juurde. Roboti liigutamine tuleb teostada reaalsajas, nii et infrapunapalli liigutamisel liigub robot sellele järgi. Kui infrapunaotsija ei tuvasta ühtegi infrapunaallikat, siis peaks robot paigal seisma.

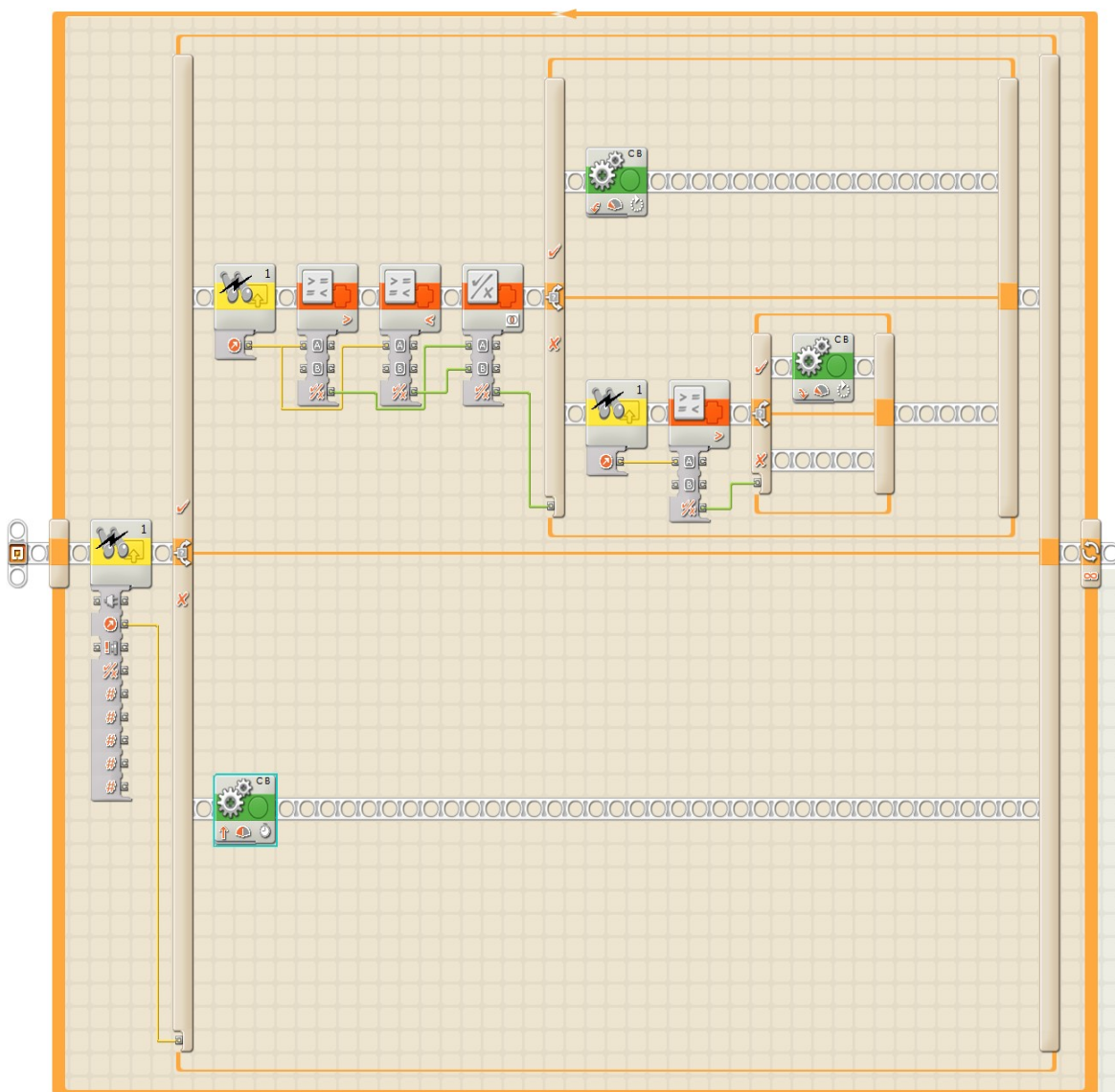
Lahenduse idee:

Võiks kasutada LEGO TriBot roboti aluskaarikut, mille ehitamisjuhend on LEGO NXT standardkomplektiga kaasas. Lageda infrapunaotsijast infrapunapalli suund ja vastavalt sellele keerata robotit kas paremale või vasakule ning liikuda edasi. Programm peaks töötama tsüklis ning peaks suuna pidevalt uuesti lugema. See tagab selle, et infrapunapalli liigutamisel liigutab ka robot.

Üks võimalik lahendusvariant:

Lahendamisel on kasutatud sama robotit mis eelnevas ülesandes (vaata Joonis 31).

Lahendus võib välja näha sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 34) oleva programmiga.



Joonis 34. Ülesande 3 jaoks loodud lahendus

Lahendusfail: ylesanne_3_1.rbt

Tekkida võivad probleemid ning nende lahendamine:

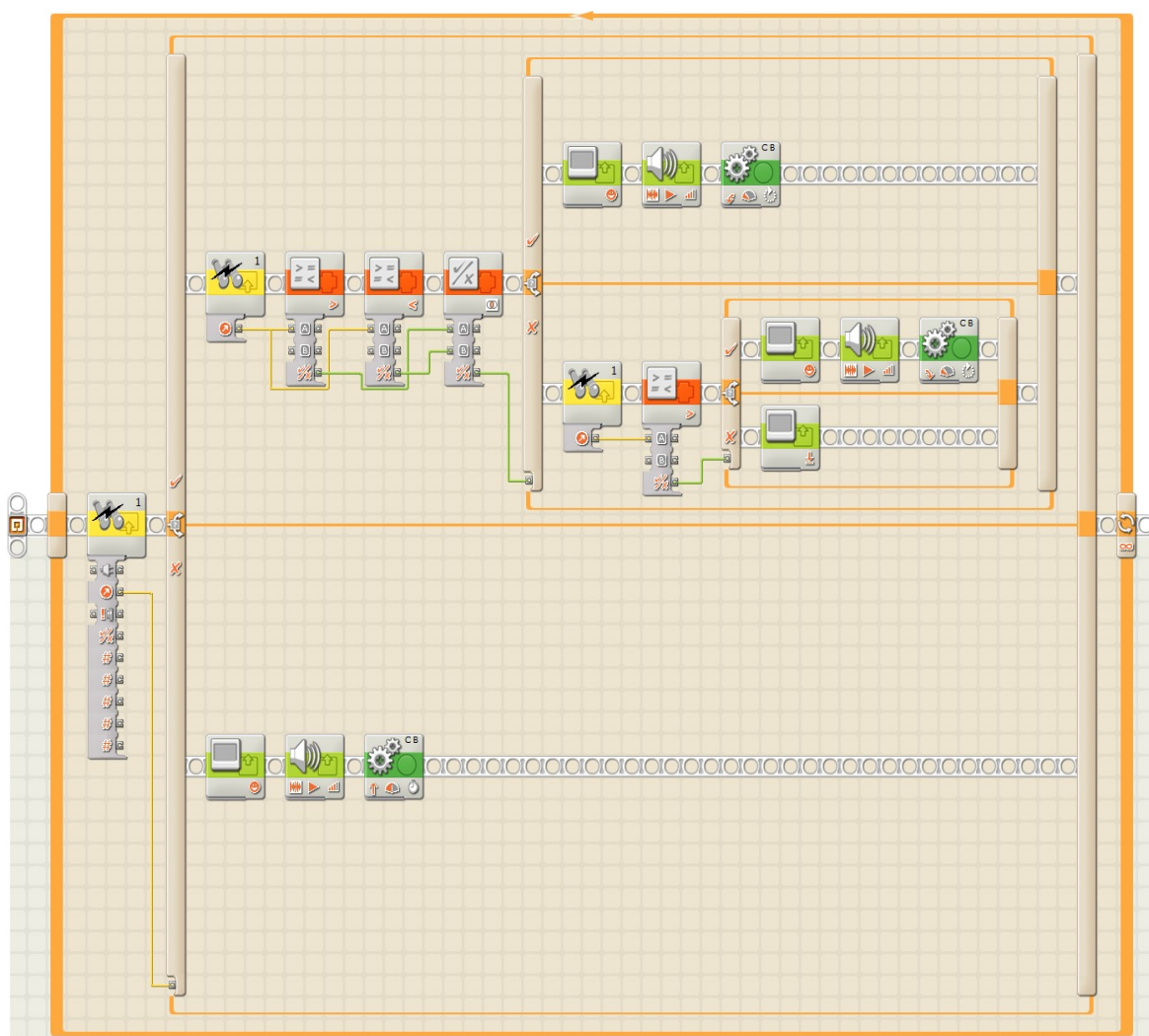
Kindlasti tuleks jälgida, et infrapunaotsija NXT plokis oleks märgitud sama port, millesse infrapunaotsija on ka tegelikult ühendatud. Tuleb ka seda jälgida, et mootorid oleks õigesti portidesse ühendatud, muidu võib robot vales suunas keerata.

Ideed ülesande muutmiseks:

Lisa erinevaid helisid ja näita ekraanil vastavaid asju (pilti, teksti või joonist), mis iseloomustavad roboti käitumist teatud olukordades.

Lahendusvariant:

Lahendus peaks välja nägema sarnane järgneval joonisel (vaata Joonis 35) oleva programmiga.



Joonis 35. Muudetud ülesande lahendusvariant

Lahendusfail: ylesanne_3_2.rbt

3.4 Ülesanne 4 - Hokirobot

Edasijõudnutele. Sobib neile, kes on juba põhjalikumalt tutvunud nii infrapunaotsijaga kui ka ultrahelianduriga ning omavad vastavat kogemust programmeerimises. Ülesande idee on saadud firma HiTechnic koduleheküljelt [36].

Eesmärk:

Ülesande eesmärgiks on tutvustada HiTechnic infrapunaotsijat ja infrapunapalli koostöös teiste anduritega. Liigutada robot reaajas infrapunapalli juurde ja seda lüüa.

Ülesande täitmiseks vajalik:

- LEGO MINDSTORMS NXT juhtplokk (aju)
- LEGO klotsid roboti ehitamiseks
- HiTechnic infrapunaotsija
- HiTechnic infrapunapall
- Ultraheliandur
- Vajalikud kaablid andurite ja mootorite ühendamiseks
- Mõni programmeerimiskeskond, näiteks NXT-G koos infrapunaotsija plokiga

Ülesande püstitus:

Mati tahab, et robot mängiks hokit. Kasutades infrapunaotsijat ja NXT aju, ehitada robot, mis reaajas liigub infrapunapalli juurde ning lööb seda. Roboti liigutamine tuleb teostada reaajas, nii et infrapunapalli liigutamisel liigub robot sellele järgi. Kui infrapunaotsija ei tuvasta ühtegi infrapunaallikat, siis peaks robot paigal seisma.

Lahenduse idee:

Võiks kasutada LEGO TriBot roboti aluskaarikut, mille ehitamisjuhend on LEGO NXT standardkomplektiga kaasas. Sellele lisaks ehitada roboti etteotsa palli löömiseks vajalik hokikepp. Lugeda infrapunaotsijast infrapunapalli suund ja vastavalt sellele keerata robotit kas paremale või vasakule ning liikuda edasi. Programm peaks töötama tsüklis ning peaks

suuna pidevalt uuesti lugema. See tagab selle, et infrapunapalli liigutamisel liigutab ka robot. Kasutada ultraheliandurit palli läheduse tuvastamiseks.

Üks võimalik lahendusvariant:

Ülesande lahendamiseks on kasutatud järgenaval joonisel olevat robotit (vaata Joonis 36).



Joonis 36. Hokirobot

Lahendus võib välja näha sarnane antud lõptutöö lisas oleva programmiga.

Lahendusfail: ylesanne_4_1.rbt

Tekkida võivad probleemid ning nende lahendamine:

Kindlasti tuleks jälgida, et infrapunaotsija NXT plokis oleks märgitud sama port, millesse infrapunaotsija on ka tegelikult ühendatud. Sama kehtib ultrahelianduri kohta. Tuleb ka seda jälgida, et mootorid oleks õigesti portidesse ühendatud, muidu võib robot vales suunas keerata.

Ideed ülesande muutmiseks:

Lisada värav ja programmeerida robot sinna palli lööma.

Lahendusvariant:

Selle teostamiseks võib kasutada erinevaid andureid. Näiteks võib lisada kompassanduri, millega robot leiaks värava asukoha. Samuti võib näiteks kasutada NXT standard komplektiga kaasa tulevat valguse andurit värava leidmiseks. Sellisel juhul panna värava kohale mõni valgusallikas, näiteks taskulamp.

Lahendusfailis ongi kasutatud valgusallikat värava leidmiseks. Ülesande lahendamiseks on kasutatud järgenaval joonisel olevat robotit (vaata Joonis 37).



Joonis 37. Hokirobot valgusanduriga

Lahendusfail: ylesanne_4_2.rbt

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli tutvustada ja kirjeldada firma HiTechnic poolt toodetavat infrapunapalli ja infrapunaotsijat. Selle tegemiseks loodi nende kohta eestikeelne õppematerjal ja nende programmeerimise- ja kasutusvõimaluste tutvustamiseks NXT-G programmeerimiskeskkonnas koostati erineva raskusastmetega ülesandeid. Antud materjal on edaspidi Kooliroboti projekti raames õppematerjaliks koolides.

Antud lõputöö jaguneb kolmeks osaks. Esimeses osas anti ülevaade infrapunakiirguse olemusest ja selle kasutusala-dest. Pikemalt räägiti infrapunekiirguse kasutamisest öö nägemiseks ja temperatuuri mõõtmiseks. Peamiseks eesmärgiks oli tagada töö lugejatele elementaarsed teadmised töös kasutatud anduri poolt mõõdetavast nähtusest.

Lõputöö teises osas anti lähem ülevaade infrapunaotsijast ja infrapunapallist. Lisaks üldisele kirjeldusele peatuti ka nende töö põhimõtetel ning toodi juhiseid nende edukaks kasutamiseks.

Lõputöö kolmandas osas on püstitatud erineva raskusastmega ülesanded ning välja on pakutud ideed nende lahendamiseks. Lisaks on igale ülesande juurde toodud üks näidislahendus. Välja on toodud ka võimalikud probleemid, mis ülesannete lahendamise juures võivad tekkida.

Käesoleva lõputöö koostamisel lähtuti eelnevalt välja töötatud struktuurist ja raamistikust, et lihtsustada loodud materjalide edaspidist kasutamist. Sama struktuuri on kasutatud ka teistes LEGO MINDSTORMS NXT lisaandureid käsitlevates lõputöödes.

Eesmärgid, mis lõputööd kirjutama hakates said seatud, said ka täidetud. Lisaks koolidele õppematerjalide loomisele sai ka töö autor uusi teadmisi infrapuna kohta, õppis kasutama NXT robotit, erinevaid andureid ja ka NXT-G programmeerimiskeskonda. Kõige parem

selle bakalaureusetöö kirjutamise juures oli teadmine, et valminud materjalid leiavad ka reaalsel kasutust ja õpilased ning õpetajad saavad nendest rõõmu tunda ja õppida.

Antud lõputöö edasi arendamiseks on võimalik uurida infrapunaotsija kasutamist teiste programmeerimiskeskondadega ning samuti on lisavõimaluseks ülesannetekogu täiendamine.

LEGO MINDSTORMS NXT Compatible Sensor IRSeeker V2 And Infrared Electronic Ball

Bachelor Thesis

Katrina Mäeorg

Summary

Math and science subjects are not among the most popular in schools, although there is a considerable need for specialists in that field, even in the information technology sector. That is one of the reasons why it is important to get young people more interested in these subjects and make them more interesting to learn. The LEGO MINDSTORMS NXT robot kit, that was the topic of this bachelor thesis, is one way of doing that.

The main purpose of this bachelor thesis was to create educational material for the infrared sensor and infrared ball that work together with the LEGO MINDSTORMS NXT robot kit. These devices are made by a company called HiTechnic, which has developed a comprehensive collection of sensors that can be used with the robot kit. All the material created is in estonian. This thesis will be used at schools, as a way of popularizing science and robotics among Estonian schoolchildren by teaching kids programming and logical thinking skills.

This thesis consists of three parts. The first part is aimed at explaining the physical phenomenon - what is infrared light and how it is used (for nightvision, temperature measurement etc). The second part gives the technical details about the infrared sensor and infrared ball. It also gives directions on how to use them. The third part of this thesis consists of exercises with different levels of difficulty.. These exercises were created to make learning more fun and exciting.

This thesis, among with other theses created for the LEGO MINDSTORMS NXT robot kit, is a part of the “Koolirobot” project that was already started in the year 2007. By the spring of 2012, there are more than 100 schools that have been part of this project and are using the LEGO MINDSTORMS NXT robot kits in related classes and extracurricular activities to make learning science and physics more fun.

Kasutatud materjalid

1. Kooliroboti projekt, <http://www.robootika.ee/lego/projekt/index.php/projektist/liitunud-koolid/> (viimati vaadatud 05.05.2012)
2. Jaana Metsamaa, Magistritöö „MATERJALIDE KOOSKIRJUTAMISE RAAMISTIK RAJU KESKUSE ÕPPEVARA NÄITEL“ Tartu 2010, <http://raju.cs.ut.ee/loputood/2010/jaana-metsamaa/> (05.05.2012)
3. ENEKE, köide 2, märksõna - infrapunakiirgus
4. Vikipeedia „Infrapunakiirgus“, <http://et.wikipedia.org/wiki/Infrapunakiirgus> (viimati vaadatud 05.05.2012)
5. Vikipeedia „Nähtav valgus“, http://et.wikipedia.org/wiki/N%C3%A4htav_valgus (viimati vaadatud 05.05.2012)
6. Wikipedia „Infrared“, <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared> (viimati vaadatud 05.05.2012)
7. Wikipedia „Visible spectrum“, http://en.wikipedia.org/wiki/Visible_light (viimati vaadatud 05.05.2012)
8. Valgus, <http://www.mainer.planet.ee/valgus.html> (viimati vaadatud 05.05.2012)
9. Encyclopedia of Laser Physics and Technology, http://www.rp-photonics.com/infrared_light.html (viimati vaadatud 05.05.2012)
10. AA Infra OÜ, <http://www.termograafia.ee/> (viimati vaadatud 05.05.2012)
11. HowStuffWorks Infrared Light”, <http://static.howstuffworks.com/gif/nightvision2.gif> (viimati vaadatud 05.05.2012)
12. HowStuffWorks “How Night Vision Works”, <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/nightvision.htm> (viimati vaadatud 05.05.2012)
13. HowStuffWorks “How Night Vision Pictures”, <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/night-vision-pictures.htm> (viimati vaadatud 05.05.2012)
14. HowStuffWorks “How Night Vision Pictures”, <http://static.howstuffworks.com/gif/75829797nightvisionfinal.jpg> (viimati vaadatud 05.05.2012)
15. HowStuffWorks “How Night Vision Pictures”, <http://static.howstuffworks.com/gif/72945427nightvision.jpg> (viimati vaadatud 05.05.2012)
16. HowStuffWorks Videos “Top Sniper: Night Training” <http://videos.howstuffworks.com/discovery/4871-top-sniper-night-training-video.htm> (viimati vaadatud 05.05.2012)
17. HowStuffWorks “How Night Vision Pictures”, <http://static.howstuffworks.com/gif/2915201nightvision.jpg> (viimati vaadatud 05.05.2012)
18. Vikipeedia “Termomeeter”, <http://et.wikipedia.org/wiki/Termomeeter> (viimati

vaadatud 05.05.2012)

19. Infrared thermometer - AR882A - SMART (China Trading Company),
http://img.diytrade.com/cdimg/558790/4137892/0/1235802731/Infrared_thermometer.jpg
(viimati vaadatud 05.05.2012)
20. Wikipedia Clinical thermometer,
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Clinical_thermometer_38.7.JPG
(viimati vaadatud 05.05.2012)
21. National Geographic News,
http://news.nationalgeographic.com/news/2009/04/photogalleries/week-in-news-pictures-128/images/primary/090430-02-airport-scanner-swine-flu_big.jpg (viimati vaadatud 05.05.2012)
22. Airport flu screening on the way,
http://www.abc.net.au/reslib/200904/r363761_1682773.jpg (viimati vaadatud 05.05.2012)
23. YouTube - Asia take precautions against swine flu, <http://www.youtube.com/watch?v=DBfVP3tlmFo> (viimati vaadatud 05.05.2012)
24. YouTube - airport heat detection, swine flu, <http://www.youtube.com/watch?v=8fgBLU35cM8> (viimati vaadatud 05.05.2012)
25. Euro Spyshop Arnhem, http://83.172.150.160/images/Infracam_SIDE_buil.%20LR.jpg (viimati vaadatud 05.05.2012)
26. Home Inspection, Thermal Imaging, http://www.gwhomeinspections.com/Documents/Procedures/Services_10.jpg (viimati vaadatud 05.05.2012)
27. HiTechnic Products NXT IRSeeker V2, <http://www.hitechnic.com/cgi-bin/commerce.cgi?preadd=action&key=NSK1042> (viimati vaadatud 05.05.2012)
28. HiTechnic HockeyBot, <http://www.hitechnic.com/blog/ir-seeker/hockey-bot/> (viimati vaadatud 05.05.2012)
29. HiTechnic Products NXT IRSeeker V1,
<http://www.hitechnic.com/PDGImages/Mindstorms%20Compass.jpg> (viimati vaadatud 05.05.2012)
30. HiTechnic Products IR Beacon, <http://www.hitechnic.com/cgi-bin/commerce.cgi?preadd=action&key=FTCBCN> (viimati vaadatud 05.05.2012)
31. HiTechnic Products Infrared Electronic Ball <http://www.hitechnic.com/cgi-bin/commerce.cgi?preadd=action&key=IRB1005> (viimati vaadatud 05.05.2012)
32. HiTechnic Products Infrared Electronic Ball,
<http://www.hitechnic.com/PDGImages/IRBall-Image-1.jpg> (viimati vaadatud 05.05.2012)
33. HiTechnic Products IR Beacon, <http://www.hitechnic.com/PDGImages/beacon.jpg>
(viimati vaadatud 05.05.2012)
34. HiTechnic Infrared Electronic Ball,
<http://shop.educatec.ch/downloads/hitechnicirballinsertv1.0.pdf> (viimati vaadatud 05.05.2012)
35. NXT-G Blocks Repository, http://www.mindsensors.com/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=81 (viimati vaadatud 05.05.2012)

36. HockeyBot - Trike Based IR Seeker Robot, <http://www.hitechnic.com/blog/ir-seeker/hockey-bot/> (viimati vaadatud 13.05.2012)

Lisad

Lisa 1 - CD ülesannete lahendusfailidega

Järgnevalt on toodud CD'l olevad ülesannete lahendusfailid ning nendele vastavad ülesanded (vaata Tabel 3).

Faili nimi	Ülesande number ja nimi
ylesanne_1_1.rbt	Ülesanne 1 - Infrapunaotsijaga tutvumine
ylesanne_1_2.rbt	Ülesanne 1 - Infrapunaotsijaga tutvumine (muudatustega variant)
ylesanne_2_1.rbt	Ülesanne 2 - Roboti keeramine infrapunaallika suunda
ylesanne_2_2.rbt	Ülesanne 2 - Roboti keeramine infrapunaallika suunda (muudatustega variant)
ylesanne_3_1.rbt	Ülesanne 3 - Robot mängib jalgpalli
ylesanne_3_2.rbt	Ülesanne 3 - Robot mängib jalgpalli (muudatustega variant)
ylesanne_4_1.rbt	Ülesanne 4 - Hokirobot
ylesanne_4_2.rbt	Ülesanne 4 - Hokirobot (muudatustega variant)

Tabel 3. Nimekiri ülesannete lahendusfailidest